

STATICKÝ VÝPOČET

SO 10 SANACE PODLAHY

Stavba: **Areál tramvaje Poruba**
Sanace podlahy mezi 12. a 13. kolejí

Č. zakázky: **HTL-4438**

Investor: **Dopravní podnik Ostrava a.s.**

Vypracoval: **Ing. Martin Robenek**

Přezkoumal: **Ing. Roman Honzek**

Schválil: **Ing. Pavel Šebesta**

Stupeň: **DPS**

Datum: **03/2025**

Obsah

A.	Technická zpráva	3
B.	Konstrukce podlahy	6
C.	Opěrná zídka.....	13
D.	Šachtice.....	15

A. Technická zpráva

a) konstrukční a stavebně technické řešení a technické vlastnosti stavby, podrobný popis navrženého nosného systému stavby s rozlišením jednotlivých konstrukcí podle druhu, technologie a navržených materiálů, včetně požadavků na kvalitu a provedení

Předmětem statického výpočtu jsou nové podlahy v prostoru mezi tramvajovými tratěmi. V současné době se mezi tratěmi nacházejí zídky, prefabrikované železobetonové nosníky a podlahové panely. Nosníky a panely budou odstraněny. Prostor mezi zídkami bude vyplněn hutněným násypem z drceného kameniva. Podlaha bude provedena z desky tl. 200 mm z betonu C25/30 s vyztužením polypropylenovými vlákny a kompozitní sítí 2x Ø6-150x150 mm při spodním povrchu.

Mezi osami 1-2 bude podlaha vynesena pomocí ocelové konstrukce. Konstrukce je navržena z nosníků IPE220 v osově rozteči cca 1,45 m. Nosníky jsou uloženy na zídkách a ve třetinách rozpětí jsou podepřeny sloupky z trubek TR108x4,0. Trubky jsou opatřeny patním plechem PL10-150x220 mm a dvěma lepenými kotvami M10. Na nosníky je uložen trapézový plech TR50/250-0,75 do kterého je vybetonovaná podlahová deska. Podlaha bude provedena z desky tl. 200 mm z betonu C25/30 s vyztužením polypropylenovými vlákny a kompozitní sítí 2x Ø6-150x150 mm při spodním povrchu.

V ose 2 a 15 je navržena zídka pro zachycení zemního tlaku od násypu. Zídka je navržena z tvárnic ztraceného bednění tl. 250 mm vyplněných betonem C16/20. Zídka bude vyztužena svisle pruty ØR10 á 250 mm a vodorovně ØR10 á 250 mm v ose stěny. Svislá výztuž bude dole kotvena do stávajícího betonu vlepením do hloubky 100 mm. Nahoře bude výztuž uchycena ohybem do nové desky podlahy.

U osy 5 a 12 je navržena šachtice. Šachtice je navržena z tvárnic ztraceného bednění tl. 150 mm vyplněných betonem C16/20. Stěny budou vyztuženy svisle pruty ØR10 á 250 mm a vodorovně ØR10 á 250 mm v ose stěny. Svislá výztuž bude dole kotvena do stávajícího betonu vlepením do hloubky 100 mm. Nahoře bude výztuž uchycena ohybem do nové desky podlahy.

b) definitivní průřezové rozměry jednotlivých konstrukčních prvků případně odkaz na výkresovou dokumentaci

Podlahová deska pole 1-2	tl. 200 mm	beton C25/30 s PP vlákny
- spodní výztuž	2x síť Ø6-150x150	kompozit z čedičových vláken
Opěrná zídka	tl. 250 mm	beton C16/20
- svislá výztuž	ØR10 á 250 mm	ocel 10505(R), B500B
- vodorovná výztuž	ØR10 á 250 mm	ocel 10505(R), B500B
Stěny šachtice	tl. 150 mm	beton C16/20
- svislá výztuž	ØR10 á 250 mm	ocel 10505(R), B500B
- vodorovná výztuž	ØR10 á 250 mm	ocel 10505(R), B500B

c) údaje o uvažovaných zatíženích ve statickém výpočtu - stálá, užitná, klimatická, od anténních soustav, mimořádná apod.

Užitné zatížení podlahy $q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2$

d) údaje o požadované jakosti navržených materiálů

Viz bod b.

e) popis netradičních technologických postupů a zvláštních požadavků na provádění a na jakost navržených konstrukcí

Bez požadavků.

f) zajištění stavební jámy

Bez požadavků.

g) stanovení požadovaných kontrol zakrývaných konstrukcí a případných kontrolních měření a zkoušek, pokud jsou požadovány nad rámec kontrol dle technologických předpisů a norem

Bez požadavků.

h) v případě změn stávající stavby - popis konstrukce, jejího současného stavu, popis vlastností současných konstrukcí na základě stavebně technického průzkumu, popis změn stávajících konstrukcí, popis požadavků na bourání stávajících konstrukcí nebo jejich částí včetně technologického postupu bouracích prací s upozorněním na nutná opatření k zachování stability a únosnosti dotčené konstrukce, případně bezprostředně sousedících objektů, popis požadavků na dočasné konstrukce zajišťující stabilitu dotčených konstrukcí, zásady pro provádění podchycovacích prací a zpevňovacích konstrukcí či přístupů

Viz bod a).

i) seznam použitých podkladů

ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-1 – Zatížení stavebních konstrukcí

ČSN EN 1992-1-X – Navrhování betonových konstrukcí

ČSN EN 1993-1-X – Navrhování ocelových konstrukcí

ČSN EN 1997-1 – Navrhování geotechnických konstrukcí

ČSN 73 1004 – Navrhování základových konstrukcí

ČSN 73 2604 – Kontrola a údržba ocelových konstrukcí

ČSN EN 1090-2 – Provádění ocelových konstrukcí

ČSN EN 206+A2 – Specifikace, výroba vlastnosti a shoda betonu

j) bezpečnost při provádění nosných konstrukcí, odkaz na příslušné předpisy a normy

Práce musí být prováděny v souladu s projektovou dokumentací a v rozsahu stavebního povolení vydaného na základě zákona č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (včetně novelizací), dle platných technologických, bezpečnostních předpisů a na základě ustanovení platných norem ČSN, resp. EN. Veškeré práce na staveništi musí být prováděny osobami pro jednotlivé činnosti řádně kvalifikovanými, proškolenými a pod dozorem osob oprávněných dle platného právního řádu. Při pracích v průběhu realizace stavby musí být dodržen právní rámec platný na území České republiky, zejména pak ustanovení závazných předpisů a nařízení: vyhláška č. 324/1990 Sb. Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o bezpečnosti práce a technických zařízení při stavebních pracích, nařízení vlády č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a náradí, nařízení vlády č. 502/2000 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

k) ostatní výpočty

Bez požadavků.

l) požadavky na vypracování dokumentace zajišťované zhotovitelem stavby - obsah a rozsah, upozornění na hodnoty minimálních únosností, které musí konstrukce splňovat

Zhotovitel zajistí zpracování výkresů výztuže monolitických prvků, dílenskou dokumentaci ocelových konstrukcí a kladecí plány prefabrikovaných konstrukcí.

m) požadavky na požární ochranu konstrukcí

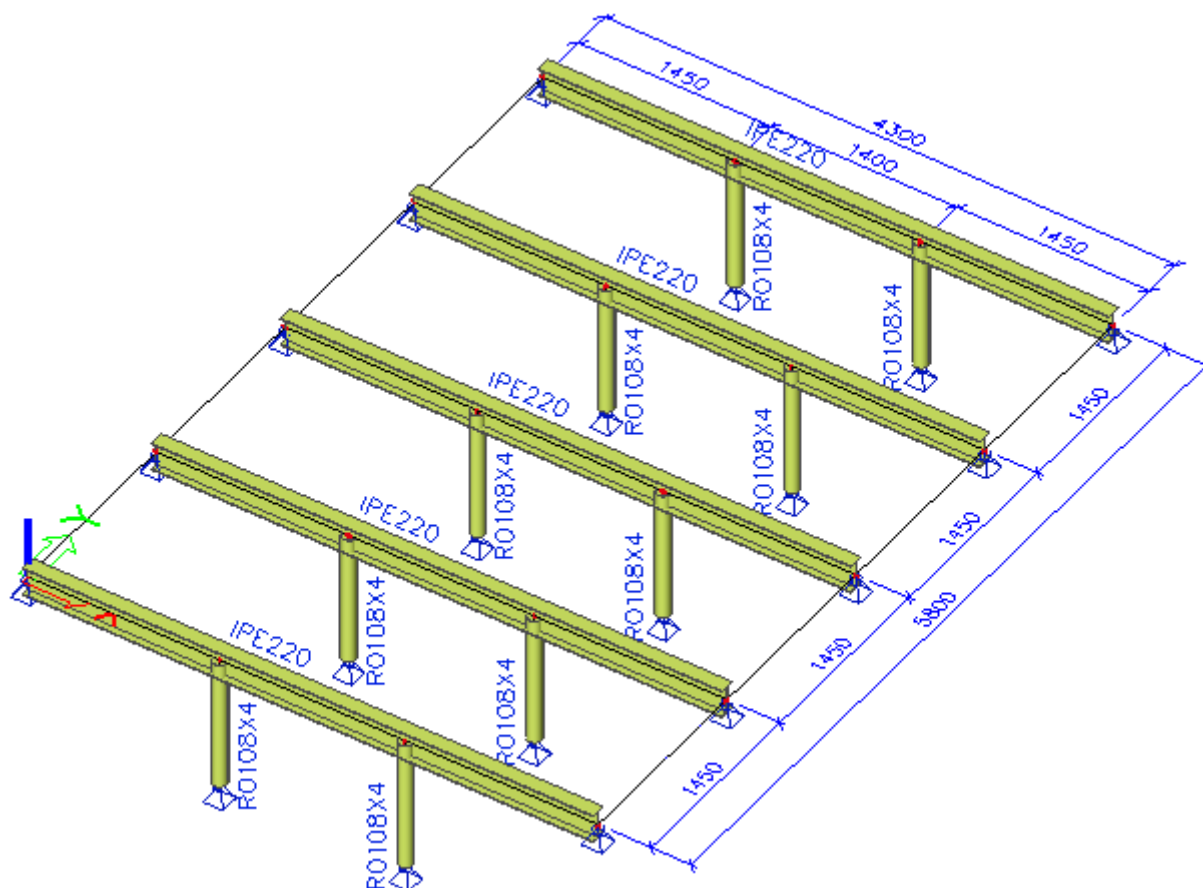
Bez požadavků.

n) položkový výkaz výměr

Výkaz výměr není součástí tohoto dokumentu.

B. Konstrukce podlahy

1. Geometrie konstrukce



Průvlaky	IPE220	ocel S235JR
Sloupky	TR108x4	ocel S235JR, patní plech PL10-220x150 mm
Podlahová deska	tl. 200 mm, beton C25/30, u spodního líce sítě 2x Ø6/150 kompozit	

2. Zatížení

ŽB deska podlahy:

$$g_k = 0,20 \cdot 25 = 5,00 \text{ kN/m}^2$$

Trapézový plech:

$$g_k = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

Stálé zatížení celkem:

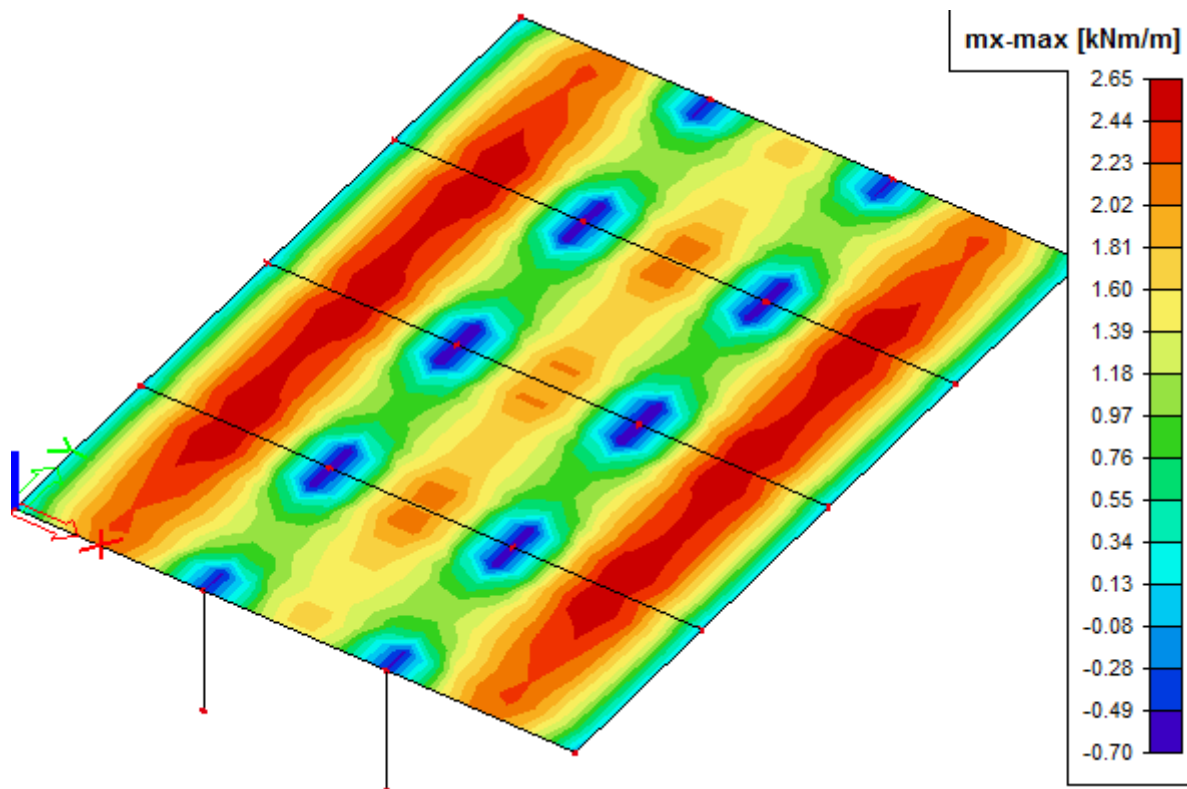
$$g_k = 5,10 \text{ kN/m}^2 \quad g_{ed} = 6,89 \text{ kN/m}^2$$

Užitné zatížení:

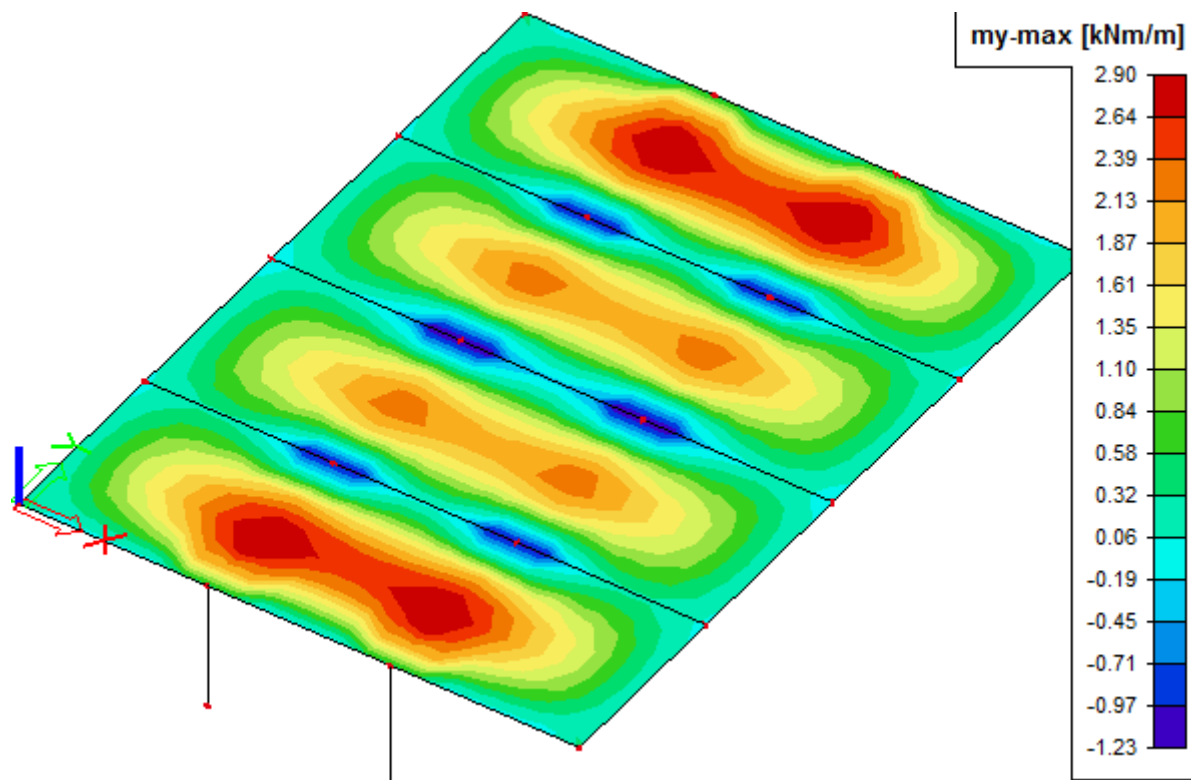
$$q_k = 5,00 \text{ kN/m}^2 \quad q_{ed} = 7,50 \text{ kN/m}^2$$

3. Vnitřní síly

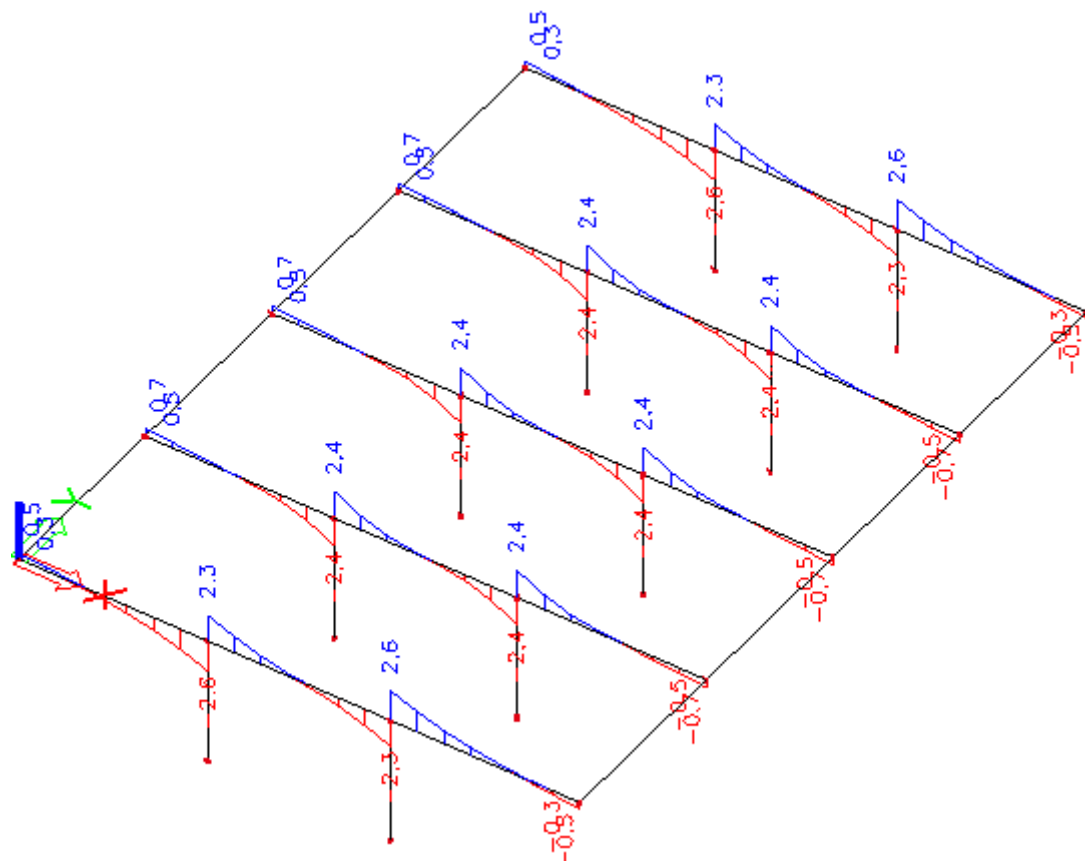
Ohybový moment ve směru x, m_x [kNm/m]



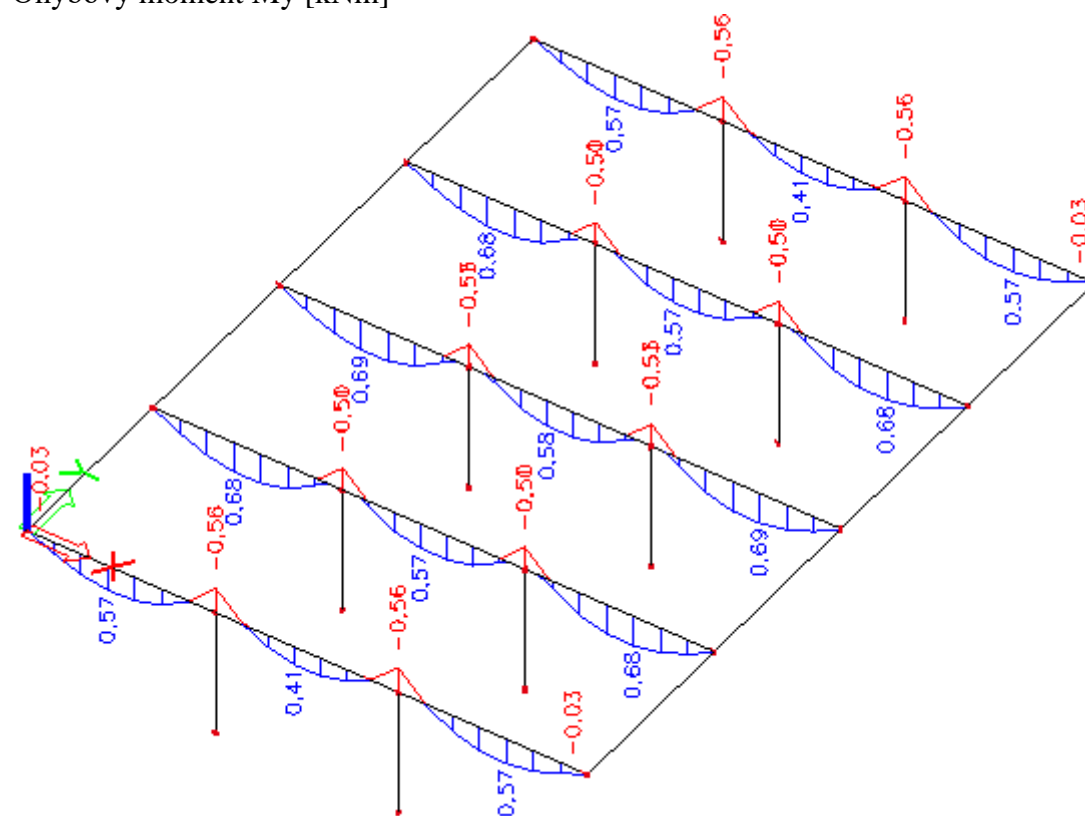
Ohybový moment ve směru y, m_y [kNm/m]



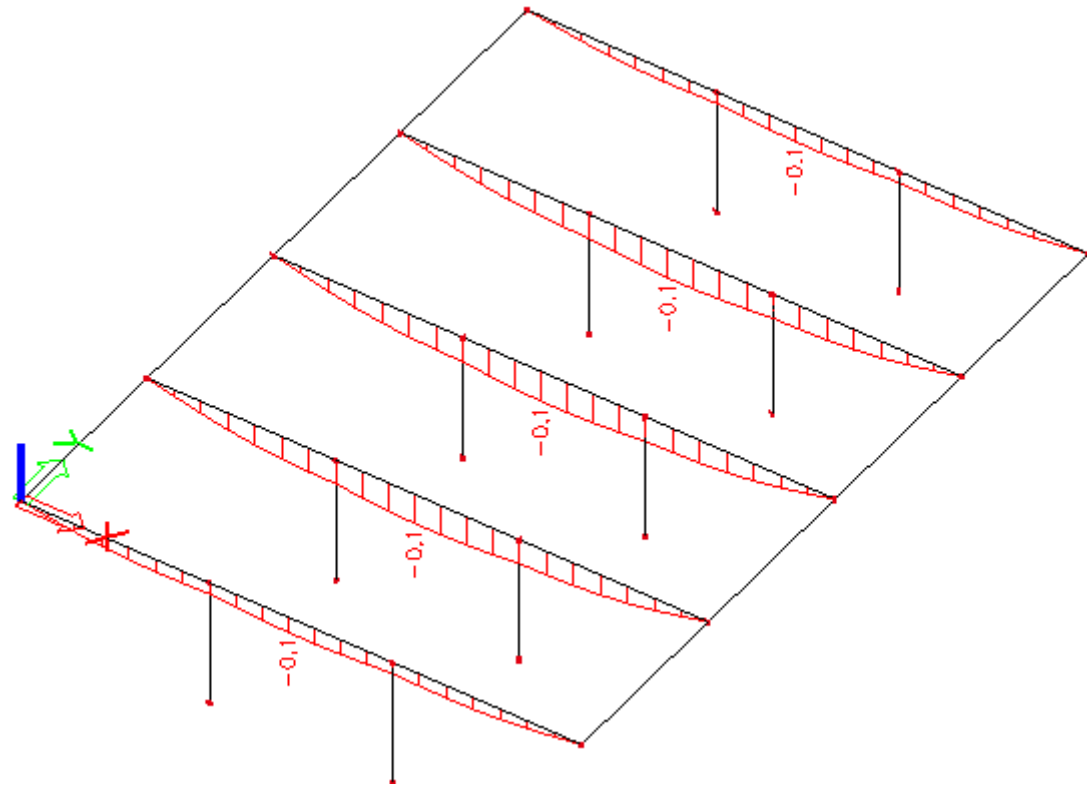
Posouvající síly Vz [kN]



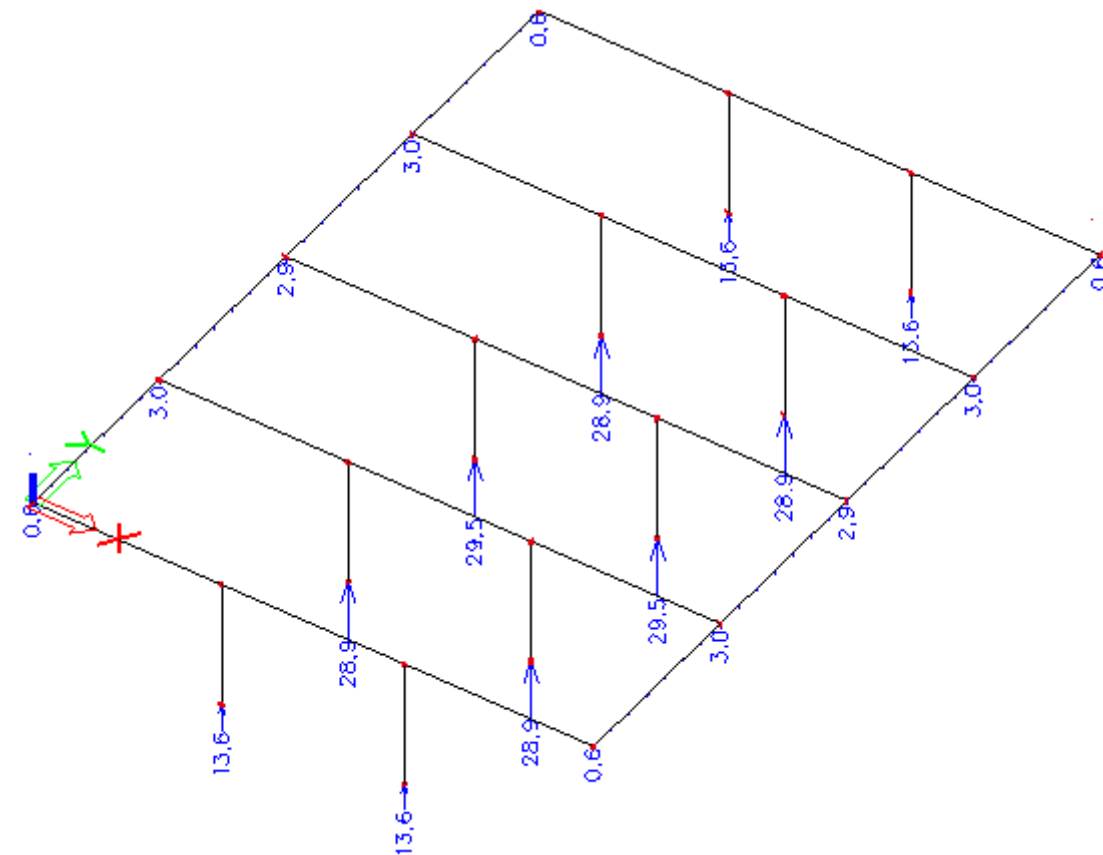
Ohybový moment M_y [kNm]



Svislá deformace Uz [mm]



Reakce do podpor Rz [kN]



4. Posouzení průvlaku

Navržený profil:	IPE220, S235JR
Namáhání v ohybu:	$M_{ed} = 0,69 kNm$
Součinitel klopení:	$\chi_{LT} = 1,00$... horní pás zajištěn nadbetonováním
Únosnost v ohybu:	$M_{Rd} = W_{y,pl} \cdot f_{yd} \cdot \chi_{LT} = 285 \cdot 235 \cdot 1 = 66,9 kNm$
Posouzení na ohyb:	$M_{ed} \leq M_{Rd} \rightarrow 0,69 < 66,9 kNm$ VYHOVÍ
Celková deformace:	$u_z = 0,1 mm$
Dovolená deformace:	$u_{z,lim} = L / 250 = 1450 / 250 = 5,8 mm$
Posouzení:	$u_z \leq u_{z,lim} \rightarrow 0,1 < 5,8 mm$ VYHOVÍ
Posouzení sloupku	

Navržený profil:	TR108x4,0, S235JR
Poloměr setrvačnosti::	$i = 36,8 mm$
Poměrná štíhlost:	$\lambda = \frac{L \cdot \beta}{i \cdot 93,9 \varepsilon} = \frac{1000 \cdot 1,0}{36,8 \cdot 93,9} = 0,29$
Součinitel vzpěru:	$\chi = 0,95$... dle grafu
Únosnost ve vzpěrném tlaku:	$N_{ed} = A \cdot f_y / \gamma_{M1} \cdot \chi = 1310 \cdot 235 \cdot 0,95 = 292 kN$
Posouzení na tlak:	$N_{ed} \leq N_{rd} \rightarrow 29,5 < 292 kN$ VYHOVÍ

5. Posouzení podlahové desky

Horní líc

Ohybový moment na horním líci:	$m_{ed} = 1,23 kNm/m$
Modul průřezu:	$W_{el,y} = h^2 / 6 = 0,20^2 / 6 = 6,66 \cdot 10^{-3} m$
Pevnost betonu v tahu:	$f_{ctd} = \alpha \cdot f_{ctk} / \gamma_m = 0,8 \cdot 1,8 / 1,5 = 960 kPa$
Únosnost desky v ohybu:	$m_{Rd} = W_{el,y} \cdot f_{ctd} = 6,66 \cdot 10^{-3} \cdot 960 = 6,39 kNm/m$
Posouzení:	$m_{ed} \leq m_{Rd} \rightarrow 1,23 < 6,39 kNm/m$ VYHOVÍ

Spodní líc

Výpočet dlouhodobé pevnosti výztuže v tahu dle fib Bulletin No. 40

$f_{f,k}$	1000	MPa	charakteristická krátkodobá tahová pevnost
E	50	GPa	modul pružnosti výztuže
γ_f	1,25		součinitel materiálu
n_{mo}	-1,0		suché prostředí RH 50%
n_T	0,5		teplota 15-25°C
n_{SL}	2,7		životnost 50 let
n	2,2		součinitel prostředí
R_{10}	12,5	%	redukce pevnosti za log. dekádu času
$n_{env,t}$	1,75		redukce počáteční tahové pevnosti
$f_{f,d}$	457	MPa	návrhová dlouhodobá tahová pevnost

Únosnost desky v ohybu dle ČSN EN 1992-1

beton	C25/30		třída betonu
h	200	mm	výška desky
M_{Ed}	2,9	kNm	návrhový ohybový moment
f_{ck}	25,0	MPa	charakteristická pevnost betonu v tlaku
f_{cd}	16,7	MPa	návrhová pevnost betonu v tlaku
\emptyset	6	mm	profil výztuže
s	75	mm	osová vzdálenost výztuže
c	25	mm	návrhové krytí výztuže
$A_{f,t}$	377	mm ²	plocha výztuže
$F_{f,t}$	172	kN	tahová síla ve výztuži
x	13	mm	výška tlačené oblasti
d	166	mm	účinná výška
M_{Rd}	27,7	kNm	únosnost v ohybu
n	0,10	OK	posouzení na ohyb

VYHOVÍ

Minimální stupeň vyztužení

Minimální plocha vyztužení proti křehkému lomu při vzniku trhlin

f_{ctm}	2,6	MPa	střední pevnost betonu v tahu
W_c	0,0067	m ³	modul průřezu
z	161	mm	rameno síly
$A_{f,t}$	377	mm ²	plocha výztuže
$A_{f,min}$	236	mm ²	minimální nutná plocha výztuže
n	1,60	OK	posouzení plochy vyztužení

VYHOVÍ

6. Posouzení betonové desky pod sloupkem

Výpočet proveden dle TR34 – technical report – concrete industrial ground floor

Parametry zadání

beton	C16/20	třída betonu
h	90 mm	tloušťka desky
f_{ctk}	1300 kPa	pevnost betonu v tahu
f_{ctd}	693 kPa	návrhová pevnost v tahu
W_{el}	0,0014 m ³	modul průřezu desky
M_n	0,9 kNm	ohybová únosnost záporný moment
\emptyset	0 mm	profil výztuže
s	0 mm	osová vzdálenost prutů
f_{yk}	500 MPa	pevnost výztuže v tahu
f_{yd}	435 MPa	návrhová pevnost výztuže
A_s	0 mm ² /m	plocha výztuže
c	0 mm	nominální krytí
d	90 mm	účinná výška
M_p	0,9 kNm	ohybová únosnost kladný moment
k	50 MPa/m	modul pružnosti podloží
E_{cm}	29 GPa	modul pružnosti betonu
ν	0,15	poissonův součinitel
l	436 mm	poloměr relativní tuhosti
a	100 mm	poloměr zatěžované plochy
x	1400 mm	vzdálenost mezi dvojicí sil
a/l	0,23	poměr poloměrů

Únosnost s ohledem na ohybové porušení

Únosnost na dvojici sil uvnitř plochy

$P_{u,0}$	22 kN	$P_{u,0} = [2\pi + (1.8 \times l/d)][M_p + M_n]$
$P_{u,0.2}$	36 kN	$P_{u,0.2} = \left[\frac{4\pi}{1-(a/3l)} + \frac{1.8x}{l-(a/2)} \right] [M_p + M_n]$
P_u	35,6 kN	

Posouzení na ohyb: $F_{ed} \leq P_u \rightarrow 29,5 < 35,6 \text{ kN}$

VYHOVÍ

Únosnost s ohledem na protlačení

f_{ck}	16 MPa	pevnost betonu v tlaku
$CR_{d,c}$	120 kPa	referenční smyková pevnost
k	2,000	součinitel účinné výšky
ρ_l	0,000	stupeň vyztužení desky
v_{min}	396 kPa	minimální smyková pevnost
$VR_{d,c}$	396 kPa	únosnost betonu ve smyku

Únosnost na osamělou sílu uvnitř plochy

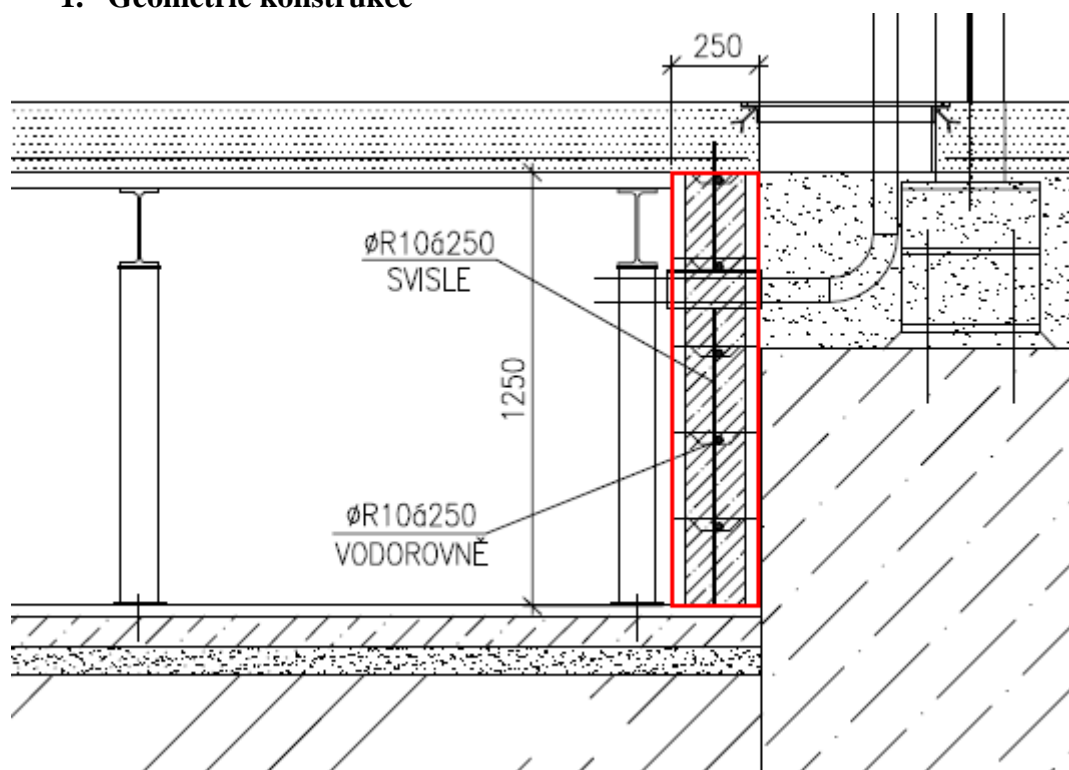
u_1	1,76 m	délka kontrolovaného obvodu
β	1,15	součinitel nerovnoměrnosti
R_{cp}	5,97 %	zatížení uvnitř kontrolovaného obvodu
VR_d	57,7 kN	únosnost v protlačení

Posouzení na protlačení: $F_{ed} \leq V_{Rd} \rightarrow 29,5 < 57,7 \text{ kN}$

VYHOVÍ

C. Opěrná zídka

1. Geometrie konstrukce



Stěna tl. 250 mm, beton C16/20, vyztužení v ose stěny
svisle ØR10 á 250 mm, vodorovně ØR10 á 250 mm

2. Zatížení

Součinitel zemního tlaku v klidu:

$$k_s = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 30^\circ = 0,50$$

Zemní tlak v hloubce 1,25 m:

$$\sigma_{x,ed} = k_s \cdot h \cdot \gamma \cdot \gamma_g = 0,50 \cdot 1,25 \cdot 18 \cdot 1,35 = 15,2 kPa$$

Užitné zatížení:

$$q_{ed} = q_k \cdot \gamma_Q = 5,0 \cdot 1,5 = 7,5 kN/m^2$$

Přírůstek zemního tlaku:

$$\sigma_{x,q} = q_{ed} \cdot k_s = 7,5 \cdot 0,50 = 3,8 kPa$$

Posouvající síla:
$$V_{ed} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{x,ed} \cdot l + \frac{1}{2} \cdot \sigma_{x,q} \cdot l = \frac{2}{3} \cdot 15,2 \cdot 1,25 + \frac{1}{2} \cdot 3,8 \cdot 1,25 = 15,1 kN$$

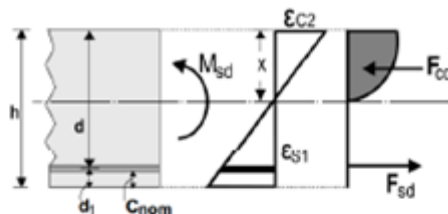
Ohybový moment:
$$M_{ed} = \left(\frac{\sqrt{3}}{27} \cdot \sigma_{x,ed} + \frac{1}{8} \cdot \sigma_{x,q} \right) \cdot l^2 = \left(\frac{\sqrt{3}}{27} \cdot 15,2 + \frac{1}{8} \cdot 3,8 \right) \cdot 1,25^2 = 2,3 kNm$$

3. Posouzení stěny

Návrh průřezu: tl. 250 mm, beton C16/20
 Svislá výztuž v ose: ØR10 á 250 mm, 10505(R)
 Vodorovná výztuž v ose: ØR10 á 250 mm, 10505(R)

Vstupní parametry

C	C16/20
St	B500B
h	250 mm
Med	2,3 kNm



SÍŤ Ø10 á 250 mm

Øs	10 mm
s	250 mm
Øw	10 mm
sw	250 mm

návrh hlavní výztuže

průměr hlavní výztuže u taženého líce

rozteč prutů hlavní výztuže

průměr roznášecí výztuže

rozteč prutů roznášecí výztuže

fck 16 MPa

pevnost betonu v tlaku

(3.1.3)

fyk 500 MPa

mez kluzu výztuže

fcd 10,7 MPa

návrhová pevnost betonu v tlaku

(2.4.2)

fyd 435 MPa

návrhová pevnost výztuže

fctm 1,9 MPa

střední pevnost betonu v tahu

Cdur 10 mm

krytí z hlediska trvanlivosti

(4.4.1)

Cnom 120 mm

nominální krycí vrstva

Ast 314 mm²

plocha hlavní výztuže

Asw 314 mm²

plocha roznášecí výztuže

Ohybová únosnost 1.MS

(6.1)

ft,st 137 kN

tahová síla ve výztuži

x 16 mm

poloha neutrální osy

(3.1.7)

d 115 mm

účinná výška

Med 2,3 kNm

návrhový ohybový moment v ohybu

Mrd 14,8 kNm

výpočtová únosnost v ohybu

16%

OK posouzení na ohyb

Smyková únosnost 1.MS

(6.2.2)

Ved 15,1 kN

návrhová smyková síla

CRd,c 0,12 MPa

referenční smyková pevnost

k 2,00

součinitel účinné výšky

ρl 0,0027

stupeň vyztužení

Vmin 0,40

minimální smyková pevnost

Ved 15,1 kN

návrhová smyková síla

VRd,c 45,5 kN

únosnost ve smyku bez smykové výztuže

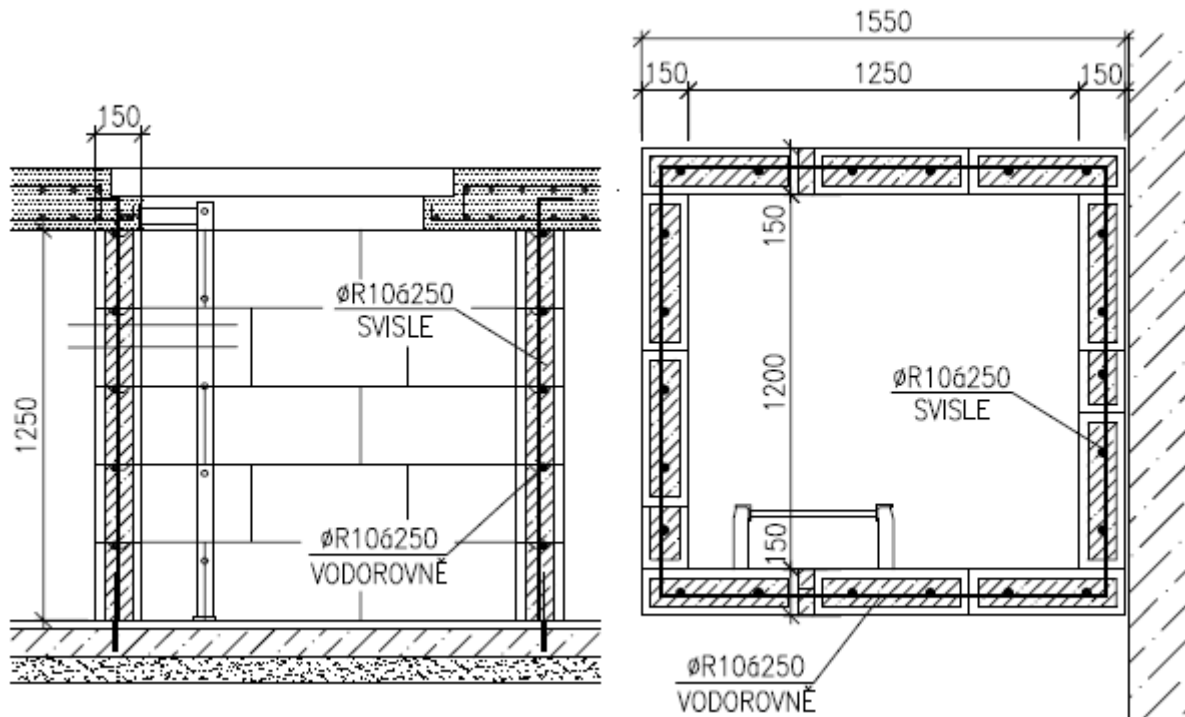
33%

OK posouzení na smyk

VYHOVÍ

D. Šachtice

1. Geometrie konstrukce



Stěna tl. 150 mm, beton C16/20, vyztužení v ose stěny
svisle ØR10 á 250 mm, vodorovně ØR10 á 250 mm

2. Geometrie konstrukce

Součinitel zemního tlaku v klidu:

$$k_s = 1 - \sin \varphi = 1 - \sin 30^\circ = 0,50$$

Zemní tlak v hloubce 1,25 m:

$$\sigma_{x,ed} = k_s \cdot h \cdot \gamma \cdot \gamma_g = 0,50 \cdot 1,25 \cdot 18 \cdot 1,35 = 15,2 kPa$$

Užitné zatížení:

$$q_{ed} = q_k \cdot \gamma_Q = 5,0 \cdot 1,5 = 7,5 kN/m^2$$

Přírůstek zemního tlaku:

$$\sigma_{x,q} = q_{ed} \cdot k_s = 7,5 \cdot 0,50 = 3,8 kPa$$

Posouvající síla:
$$V_{ed} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{x,ed} \cdot l + \frac{1}{2} \cdot \sigma_{x,q} \cdot l = \frac{2}{3} \cdot 15,2 \cdot 1,25 + \frac{1}{2} \cdot 3,8 \cdot 1,25 = 15,1 kN$$

Ohybový moment:
$$M_{ed} = \left(\frac{\sqrt{3}}{27} \cdot \sigma_{x,ed} + \frac{1}{8} \cdot \sigma_{x,q} \right) \cdot l^2 = \left(\frac{\sqrt{3}}{27} \cdot 15,2 + \frac{1}{8} \cdot 3,8 \right) \cdot 1,25^2 = 2,3 kNm$$

3. Posouzení stěny

Návrh průřezu:

tl. 150 mm, beton C16/20

Svislá výztuž v ose:

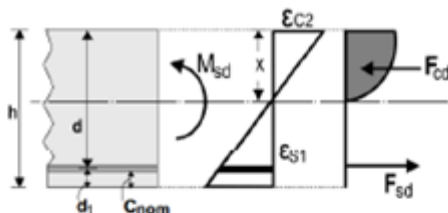
ØR10 á 250 mm, 10505(R)

Vodorovná výztuž v ose:

ØR10 á 250 mm, 10505(R)

Vstupní parametry

C	C16/20
St	B500B
h	150 mm
M _{ed}	2,3 kNm



SÍŤ Ø10 á 250 mm

Øs	10 mm
s	250 mm
Øw	10 mm
sw	250 mm

návrh hlavní výztuže

průměr hlavní výztuže u taženého líce

rozteč prutů hlavní výztuže

průměr roznášecí výztuže

rozteč prutů roznášecí výztuže

f _{ck}	16 MPa
f _{yk}	500 MPa
f _{cd}	10,7 MPa
f _{yd}	435 MPa
f _{ctm}	1,9 MPa
C _{dur}	10 mm
C _{nom}	70 mm
A _{st}	314 mm ²
A _{sw}	314 mm ²

pevnost betonu v tlaku

(3.1.3)

mez kluzu výztuže

návrhová pevnost betonu v tlaku

(2.4.2)

návrhová pevnost výztuže

střední pevnost betonu v tahu

krytí z hlediska trvanlivosti

(4.4.1)

nominální krycí vrstva

plocha hlavní výztuže

plocha roznášecí výztuže

Ohybová únosnost 1.MS

(6.1)

f _{t,st}	137 kN
x	16 mm
d	65 mm
M _{ed}	2,3 kNm
M _{rd}	8,0 kNm

tahová síla ve výztuži

poloha neutrální osy

(3.1.7)

účinná výška

návrhový ohybový moment v ohybu

výpočtová únosnost v ohybu

29%

OK posouzení na ohyb

Smyková únosnost 1.MS

(6.2.2)

V _{ed}	15,1 kN
C _{Rd,c}	0,12 MPa
k	2,00
ρ _l	0,0048
V _{min}	0,40
V _{ed}	15,1 kN
V _{Rd,c}	30,8 kN

návrhová smyková síla

referenční smyková pevnost

součinitel účinné výšky

stupeň vyztužení

minimální smyková pevnost

návrhová smyková síla

únosnost ve smyku bez smykové výztuže

49%

OK posouzení na smyk

VYHOVÍ